

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Konetekniikka

Tauriainen Mikko

Kuntosalilaitteen tuotekehitys

Opinnäytetyö
Helmikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2018
Konetekniikka

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Tauriainen Mikko

Nimeke
Kuntosalilaitteen tuotekehitys

Toimeksiantaja
David Health Solutions Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää G210 jalkaprässin suunnitellun mekanismin kestävyyttä ja tuottaa sille erilaisia mahdollisia ratkaisuja tuotekehitysprosessin aikana. Mekanismin tuli täyttää sille määritellyt toiminnot niin, että tuotteen käytettävyyttä säilyisi ennallaan. Työ tehtiin toimeksiantona David Health Solutions Oy:lle.

Opinnäytetyössä tutustuttiin tuotekehitykseen ja sen työkaluihin. Työssä käytettiin FEM-analyysiä mekanismin kestävyuden tarkasteluun, jonka avulla saatiin nykytilanne selville. Näiden tulosten perusteella jalkaprässin mekanismia kehitettiin erilaiseksi tuotekehitysideoinnin perusteella.

Työn tuloksina saatiin jalkaprässin osien määrää laskettua, tuotteen huollettavuus helpottui ja koneistuksen määrä pienentyi. Työn tavoitteet täyttyivät ja tuotteen ominaisuudet säilyivät ennallaan.

Kieli
suomi

Sivuja 22

Asiasanat
tuotekehitys, lujuuslaskenta, kuntosali, FEM-analyysi



THESIS
February 2018
Mechanical Engineering
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358- 13-260 6800

Author (s)
Mikko Tauriainen

Title
Product Development of Gym Machine

Commissioned by
David Health Solutions Ltd

Abstract

The purpose of the thesis was to find out the durability of the G210-legpress designed mechanism and to produce various possible solutions during the product development process. The mechanism had to fulfil the functions defined for it so that the availability of the product would remain unchanged. The work was commissioned by David Health Solutions Oy.

Product development and its tools were familiarized with in this thesis. The FEM analysis was used to examine the mechanism's sustainability in order to find out the current situation. Based on these results, the mechanism of the leg press was developed differently based on the product development idea.

As a result of the work, the number of parts of the leg press was reduced, the serviceability of the product was improved, and the amount of machining decreased. The objectives of the work were met and the product's characteristics remained the same.

Language
Finnish

Pages 22

Keywords

product development, strength calculation, gym, FEM-analysis

Sisältö

1	Johdanto	1
1.1	David Health Solutions Oy	1
1.2	Opinäytetyö ja sen tavoitteet.....	1
2	Tuotekehitys	3
2.1	Tuotekehityksen perusteet.....	3
2.2	Tuotekehitys prosessina	4
2.3	FEM–analyysi tuotekehityksen työkaluna	5
3	Nykytilanteen kartoitus ja sen tarkastelu.....	7
3.1	Nykyinen malli G210-jalkaprässi.....	7
3.2	Nykytilanteen FEM-analyysi.....	9
3.3	Alkuperäisen osakokoonpanon FEM-analyysin tulokset.....	10
3.3.1	Yläasennon tulokset	10
3.3.2	Keskiasento:	11
3.3.3	Ala-asento.....	12
4	Vaihtoehtoisten mekanismien vertailu.....	13
4.1	Laakeriurien uudelleen sijoitus.....	13
4.2	Mekanismin korvaus karamoottorilla.....	14
4.3	Sähkökaraan kohdistuva voima	15
5	Pohdinta.....	16
5.1	Yhteenveto.....	16
5.2	Jatkotoimenpiteet.....	17
5.3	Ammatillinen kasvu	17
	Lähteet.....	18

1 Johdanto

1.1 David Health Solutions Oy

David Health Solutions Oy on liikunta- ja kuntoutuslaitteiden valmistaja Outokummussa. David Health Solutions Oy on perustettu vuonna 1981 Arno Parviaisen toimesta. Yhtiö aloitti aikoinaan tuotekehityksen Jyväskylän yliopiston kanssa, ja jo silloin he yhteistyössä kehittivät tuotteita, joista oli mahdollista saada harjoitustietoa talteen. [1]

Tänä päivänäkin David Health Solutions Oy on johtava innovoija voimaharjoittelun ja kuntoutuslaitteiden alalla. Yrityksellä on myös IT-kehitysyksikkö Helsingissä, jonka avustamana David Health Solutions Oy kykenee tuottamaan ja kehittämään korkealaatuisia tuotteita ja informaatiojärjestelmiä. [2]

Yritys työllistää 20 henkilöä ja yrityksen liike vaihto oli vuonna 2013 2,8 miljoonaa euroa. [3]

1.2 Opinäytetyö ja sen tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä keskitytään David Health Solutions Oy:n G210-jalkaprässin tuotekehitykseen. Tuote kuuluu kuntoutuslaitteiden sarjaan. Jalkaprässi ei ole vielä tuotannossa, sillä tuotetta kehitetään vielä. Koska jalkaprässi ei ole vielä tuotannossa, tulee tuotekehitysprojektia ja siihen liittyviä tehtäviä tarkastella prototyypin näkökannalta, jota on mahdollista kehittää vielä hyvinkin erilaiseksi. David Health Solutions Oy haluaa tarkistaa tuotteen mekanismin kestävyyslujuustarkastelun avulla (FEM), johon tässä opinnäytetyössä keskitytään. Opinäytetyön lisätoiveena oli mahdollinen erilainen konstruktio siitä, kuinka mekanismin voisi toteuttaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli keskittyä tuotteen tuotekehitykseen ja tuottaa tuloksina lujuustarkastelu tuotteen jalkalevyn kallistusmekanismille, sekä esittää mahdollisia parannusehdotuksia tuotteelle. Tuotesuunnittelu toteutetaan CREO 2-mallinnusohjelmalla

Teoriaosiossa käydään läpi erilaisia tuotekehitysmenetelmiä ja perehdytään tarkemmin tässäkin työssä käytettävään FEM-analyysiin yhtenä tuotekehityksen työkaluna.

Työn tarkoituksena ei ollut mallintaa valmista tuotetta, eikä tuottaa valmistuspiirustuksia. Työssä on tarkoitus tarkastella tuotteen mekaanisia kestävyyskäyviä ja luoda näistä FEM-analyysimalleja tuloksina.

2 Tuotekehitys

2.1 Tuotekehityksen perusteet

Tuotekehitys on lähtökohtaisesti aina projekti- tai prosessipohjaista toimintaa, johon liittyy paljon innovaatiotoimintaa, jonka tavoitteena on tuottaa uusi tuote tai parantaa jo olemassa olevaa tuotetta. Ulrich ja Eppingerin tuotekehitysmalli määrittää tuotekehityksen seuraavasti: "Ulrich ja Eppinger (1995) määrittelevät tuotekehityksen sarjaksi toimintoja, joiden avulla yritys keksii, suunnittelee ja kaupallistaa tuotteen" [4].

Tuotekehitykseen liittyy monia eri prosesseja. Se käsittää muun muassa tuoteidean etsimisen ja tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen etsimisen kuten kehitysnäkymien ja markkinatietojen selvittämisen. Lisäksi se käsittää varsinaisen tuoteluonnostelun, yksityiskohtaisen luonnostelun, työpiirustusten ja käyttöohjeiden laatimisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen tuotteelle. [5]

Tuotekehityksen tavoitteena on täyttää asetetut tavoitteet niin hyvin kuin se on mahdollista taloudellisesti ja teknisesti. Tuotekehityksessä tarvitaan hyvää luonnontiedon tuntemusta ja kykyä luovaan käytännön työhön. [5] Menetelmää voidaan käyttää joko uuden tuotteen kehittämiseen tai jo olemassa olevan tuotteen ominaisuuksien parantamiseen. Menetelmän avulla voidaan myös kehittää alkuperäisesti eri käyttöön tarkoitettua tuotetta sovellus uuteen käyttötarkoitukseen.

Tuotekehityksestä vastaavat henkilöt ja tahot määräytyvät monesti yrityksen toiminnan perusteella. Monella suurella yrityksellä on olemassa oma tuotekehitysosasto, kun pienemmillä yrityksillä monesti tuotekehitystyö jää yhdeksi työtehtäväksi muiden ohelle.

2.2 Tuotekehitys prosessina

Tuotekehitys toteutetaan yleensä prosessina, johon sisältyy monia eri vaiheita projektin edetessä. Tuotekehitysprojektissa on useimmiten 4 vaihetta, ja näiden sisällä käsitellään vaiheisiin liittyviä toimintoja. Tuotekehitysprosessit ovat erilaisia riippuen kehitettävästä tuotteesta, mutta pääpiirteittäin kehitettävät asiat ovat samanlaiset. [6]

1. Esitutkimus

Tuotteelle määritellään ja etsitään asiakkaiden tarpeet tuotteen kohdalla ja tehdään mahdollisesti ennakkokyselyjä selvityksen tueksi. Tuotteelle määritetään tuoteidea ja tuote-ehdotus, sekä selvitetään tuotteelle elinkaari ja tuotevaatimukset. Vaatimusluettelo laaditaan, jonka perusteella tuotekehitysprojektille luodaan ominaisuudet ja vaatimukset. [6]

2. Luonnostelu

Tuotteen luonnosteluvaiheessa täytyy etsiä erilaisia ratkaisuja, kunnes soveliaain ratkaisumuoto löytyy kyseiselle tuotteelle. Tässä vaiheessa vaatimusluettelon täyttävää ratkaisua yritetään etsiä ja kehittää sekä tehdään prototyyppejä. Tuote jaetaan myös osatoimintoihin ja näille toimintoille etsitään parhaimpia ratkaisuja. Lopputuloksena kehitetään ja arvioidaan tuotteelle paras mahdollinen tuotantoratkaisu. [6]

3. Kehitysvaihe

Kehitysvaiheessa tuotteelle suunnitellaan parhaimmasta tuotantoratkaisusta tarkat piirustukset ja tuotantosuunnitelmat. Tässä vaiheessa tuotteen rakennetta korjataan ja kehitetään tarpeen tullen toimivammaksi. [6]

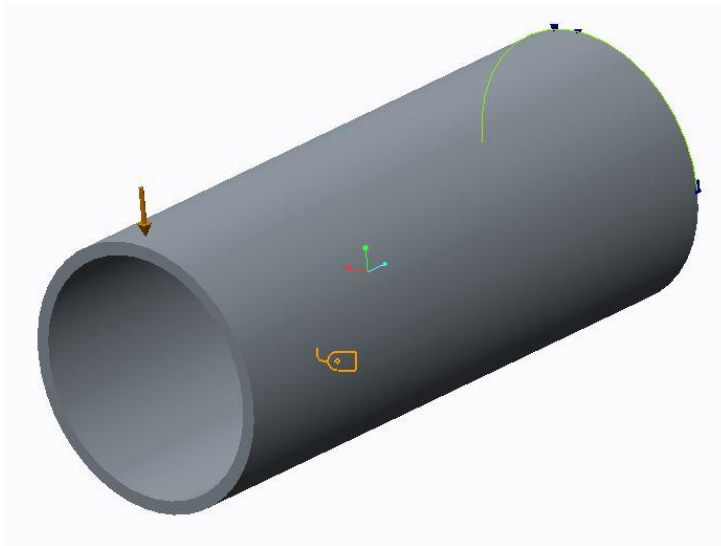
4. Viimeistely

Tuotekehityksen viimeisessä vaiheessa tekniselle suunnitelmalle tehdään lopulliset kuvaukset, joiden perusteella määritellään muodot, mitat, materiaalit ja pinnanlaadut. Tuotteelle tuotetaan tarkat osapiirus-

tukset ja valmistustekniset asiakirjat. Viimeistelyvaiheessa optimoidaan tuotteen kustannuksia vielä tarkemmin kuin luonnosteluvaiheessa, jonka avulla on mahdollista saada säästöjä aikaiseksi tuotteen hintaan. [6]

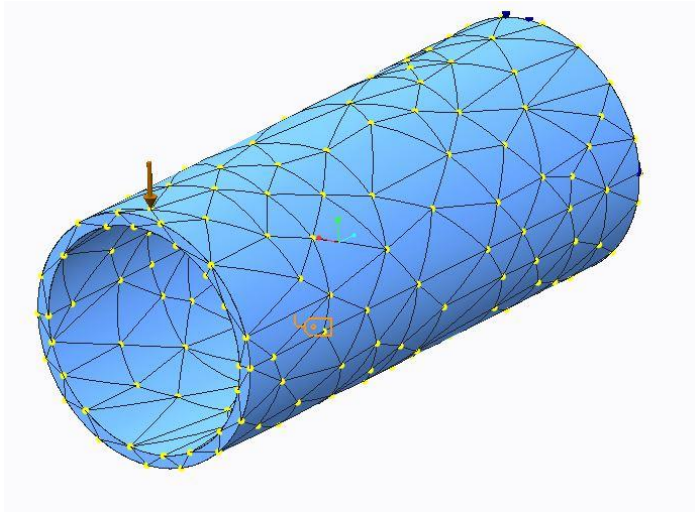
2.3 FEM–analyysi tuotekehityksen työkaluna

FEM eli Finite Element Method on elementtimenetelmä, jonka luoman laskentamallin avulla pystytään tuottamaan analyyseja tuotteiden käyttäytymisen simulointiin. FEM-analyysiä käytetään rakenteisiin kohdistuvien rasitusten määrittämiseen ja simulointiin. Lisäksi analyysillä on mahdollista tutkia lämmönsiirtymiä kappaleissa. Analyysi on usein käytetty menetelmä rakenteiden kestävyys tarkasteluun tilanteissa, joissa kappaleiden kestävyydellä on ratkaiseva merkitys tuotteiden turvallisuuden ja käyttöiän suhteen.



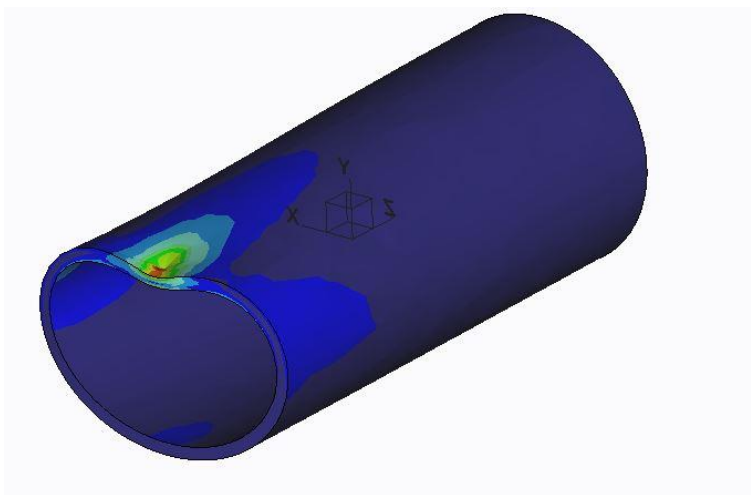
Kuvio 1. FEM- mallin rasitukset ja tuenta

Analyysissä malliin tulee aina laittaa siihen kohdistuvat rasitukset sekä tuennat tuotekohtaisesti oikeille paikoilleen, jotta malli olisi luotettava ja sen tuloksia voitaisiin käyttää tuotekehityksessä. Yllä olevassa kuviossa 1 on esimerkki tuotteen tuennasta sekä voiman sijoituksesta kappaleeseen.



Kuvio 2. FEM-laskennan verkotus kappaleelle CREO2 ohjelmistosta

FEM-laskennassa CAD-ohjelmisto tuottaa kappaleelle laskentaverkotuksen, jonka perusteella ohjelmisto laskee tuotteeseen kohdistuvat rasitukset. Verkotuksen tiheyttä on mahdollista säätää pienemmäksi, jolloin laskennasta saatavat tulokset ovat tarkempia ja täten luotettavampia. Yllä olevassa kuviossa 2 on esimerkki laskennan verkottumisesta kappaleelle.



Kuvio 3. Simulaation tulos

Staattisen laskennan tuloksina saadaan kappaleeseen kohdistuvat rasitukset ja muodonmuutokset näkyviin simulaatiomallina, jonka perusteella on pääteltävissä, kestääkö kappale ja mihin suurimmat rasitukset kohdistuvat. Tämän mallin perusteella tuotetta on helpompi muokata rakenteen kestävyysnäkökulmasta. Yllä olevassa kuviossa 3 esimerkkikuvio staattisen FEM-analyysin tuloksista.

3 Nykytilanteen kartoitus ja sen tarkastelu

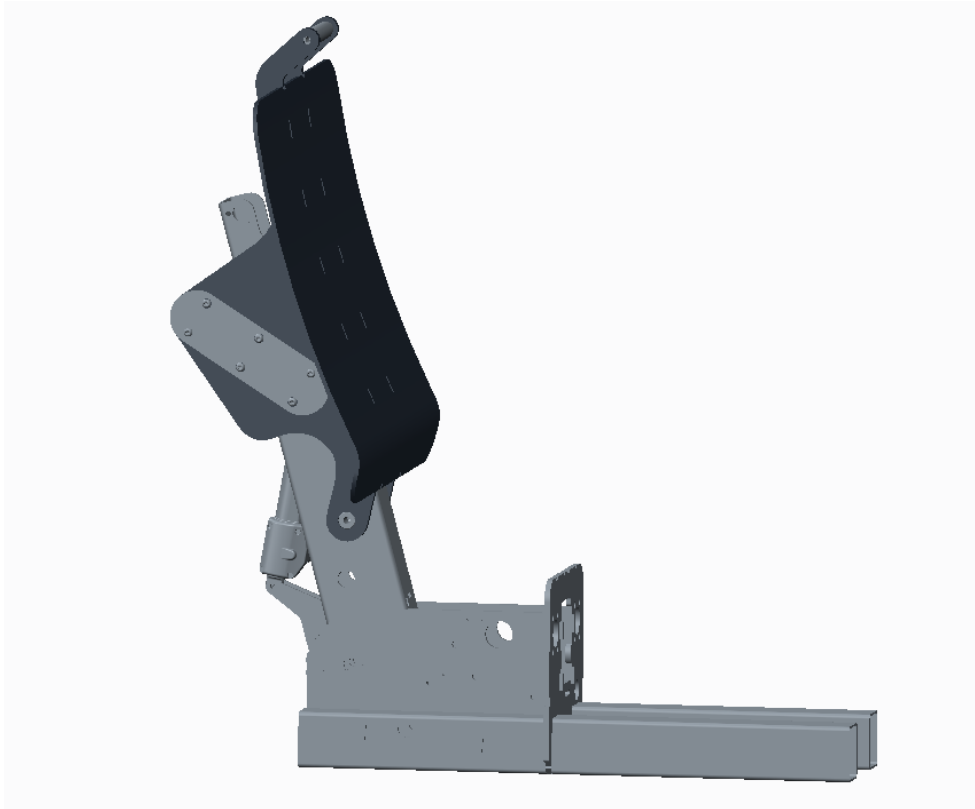
3.1 Nykyinen malli G210-jalkaprässi

Jalkaprässin alkuperäisessä tuotesuunnittelussa jalkaprässin jalkalevyä liikutetaan 20 asteen verran sähkökaran ja uralaakerimekanismin avulla. Tässä opinäytetyössä perehdyttiin juuri tämän kyseisen mekanismin kestävyys tarkasteluun. Suurimpana huolenaiheena David Health Solutions pitää sähkökaran kestävyttä luiston kannalta, sillä sen pitovoima on vain 1500 N, hetkellisesti varmuuskertoimella 4, näin sen ollen 6000 N. Myös laakereihin kohdistuvat voimat kiinnostivat toimeksiantajaa. Alla olevassa kuviossa 4 on yleiskuva jalkaprässistä ja sen toimintaperiaatteesta.



Kuvio 4. Yleiskuva G210 jalkaprässistä (Kuva: David Health Solutions Oy)

Kuviossa 5 on G210-jalkaprässin tuotekehityksen lähtötilanne, jonka pohjalta lähdettiin toteuttamaan mekanismin kestävyys lujoustarkastelua. Jalkaprässin jalkalevy tekee 20 asteen liikeradan laakeriurien ja sähkökaran avustamana. Kuten aiemmin oli kerrottu, valitulla sähkökaralla on 1500 N pitovoima ja hetkellisesti 6000 N pitovoima. David Health Solutions Oy on arvioinut, että tuotteeseen kohdistuisi jalkalevyn kohdalle maksimissaan 600 kg voima, joka tuotteen tulisi kestää.

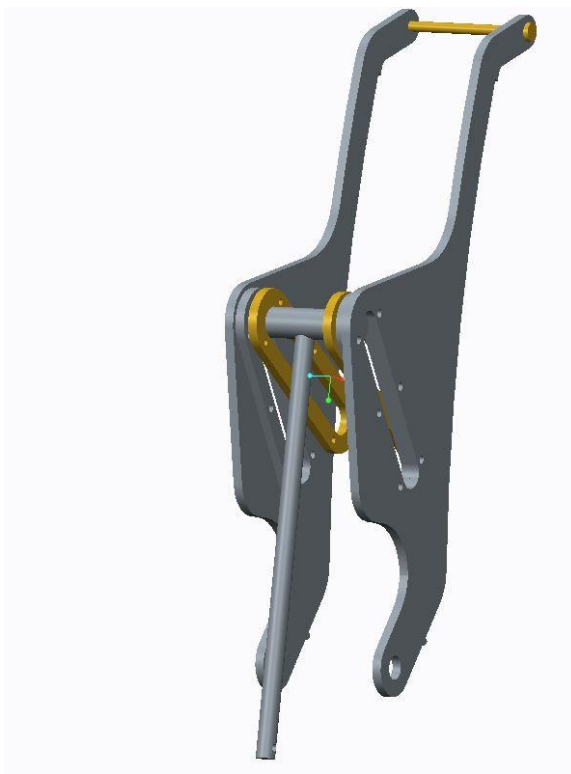


Kuvio 5. 3D-malli lähtötilanteesta

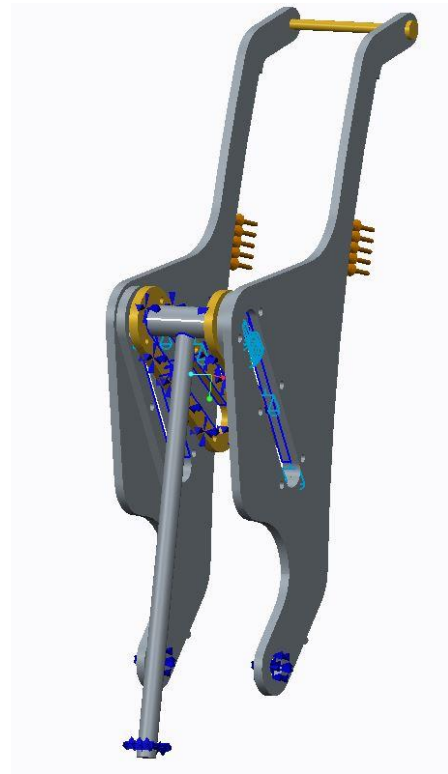
Työssä lähdettiin yksinkertaistamaan 3D-mallia huomattavasti, sekä mallista tehtiin FEM-laskentaan soveltuva. Tuotteesta karsittiin kaikki rungon osat ja jätettiin laskentaan pelkästään mekanismin osat, jotka olivat merkitseviä lujuuden kannalta. Ruuviliitokset yksinkertaistettiin mallissa jäykäksi yhtenäiseksi osaksi.

3.2 Nykytilanteen FEM-analyysi

Alla olevassa kuviossa 6 on FEM-laskentaan yksinkertaistettu osakokoonpano, jonka avulla oli mahdollista saada haluttuja tuloksia. Tämä yksinkertaistus nopeutti ja helpotti laskentaa olennaisesti. Sähkökara yksinkertaistettiin 20 mm tangoksi, joka vastaa sähkökaran tankoa. Kuviossa 7 näkyy FEM-mallin laskennan toteutus, joka vastaa alkuperäistä lähtötilannetta. Kyseisestä analyysistä saatiin selville sähkökaraan kohdistuva pintajännitys, sekä laakereihin kohdistuvat pintapaineet. Samalla laskennan periaatteella analyysi toimi koko liikkeen matkalle yläasennosta ala-asentoon, vain asentoparametreja ja karan pituutta muuttamalla asennon vaihtuessa.



Kuvio 6. FEM-laskennan osakokoonpano



Kuvio 7. FEM-laskennan toteutus

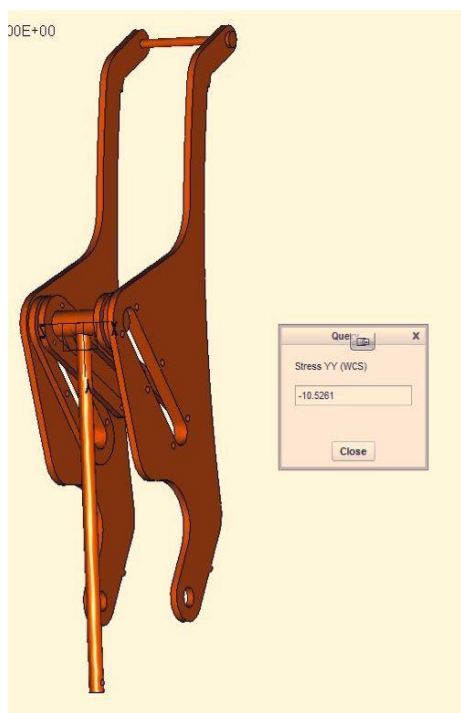
Myöhemmin toteutettiin samalla periaatteella kaksi erilaista asentoratkaisua, joilla testattiin tuotteeseen kohdistuvia rasituksia.

3.3 Alkuperäisen osakokoonpanon FEM-analyysin tulokset

Analyysin tuloksina saatiin eri asennoissa huolestuttavia tuloksia nykyisestä kokoonpanosta. Analyysin perusteella tuotteeseen kohdistui merkittäviä rasituksia: niin laakereita kuin sähkökaraa kohtaan. Otannaksi tehtiin kolme erilaista asentoa: yläasento, keskiasento sekä ala-asento. Näillä tuloksilla pystyttiin vertailemaan tuotteen kestävyyttä luotettavasti

.

3.3.1 Yläasennon tulokset



Kuvio 8. Analyysin tulokset yläasennossa

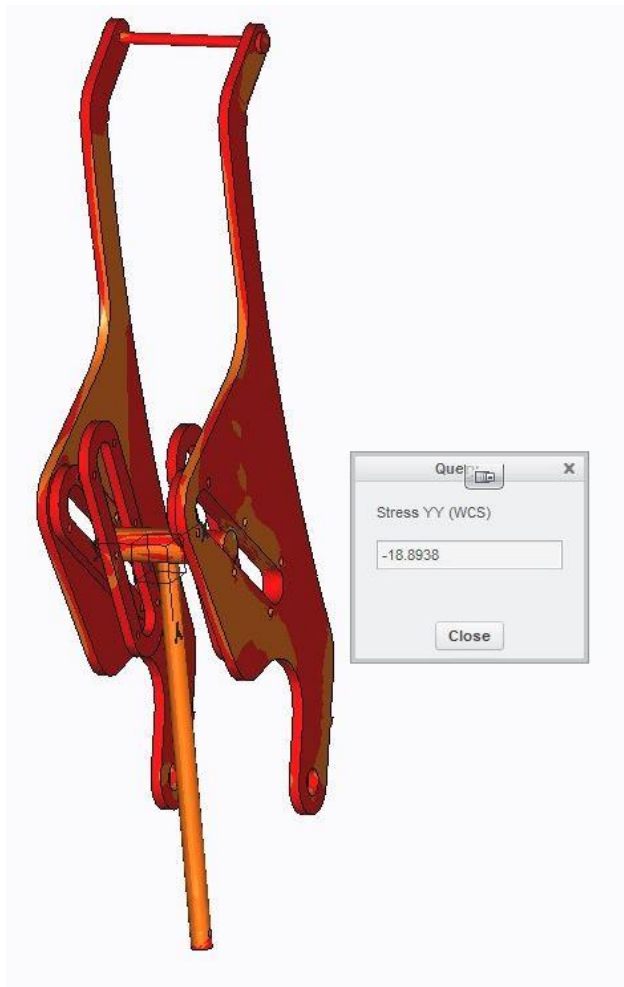
Yllä olevasta kuviosta 8 on mahdollista nähdä sähkökaraan kohdistuva pintajännitys, joka on ilmoitettu Megapascalina. Tulos itsessään täytyi muuttaa paineen kaavasta ymmärrettävään muotoon eli Newtoniksi.

$$p = \frac{F}{A}$$

Yllä sijaitsevan paineen kaavan avulla saatiin tuloksesta 10,53 MPa = 3,1 kN puristusta sähkökaraan, joka ei ylittänyt sähkökaran parametreja.

Laakereiden pintapaineiksi saatiin 5 kN kontaktianalyysin avulla analyysistä, joka oli liian iso valituille laakereille.

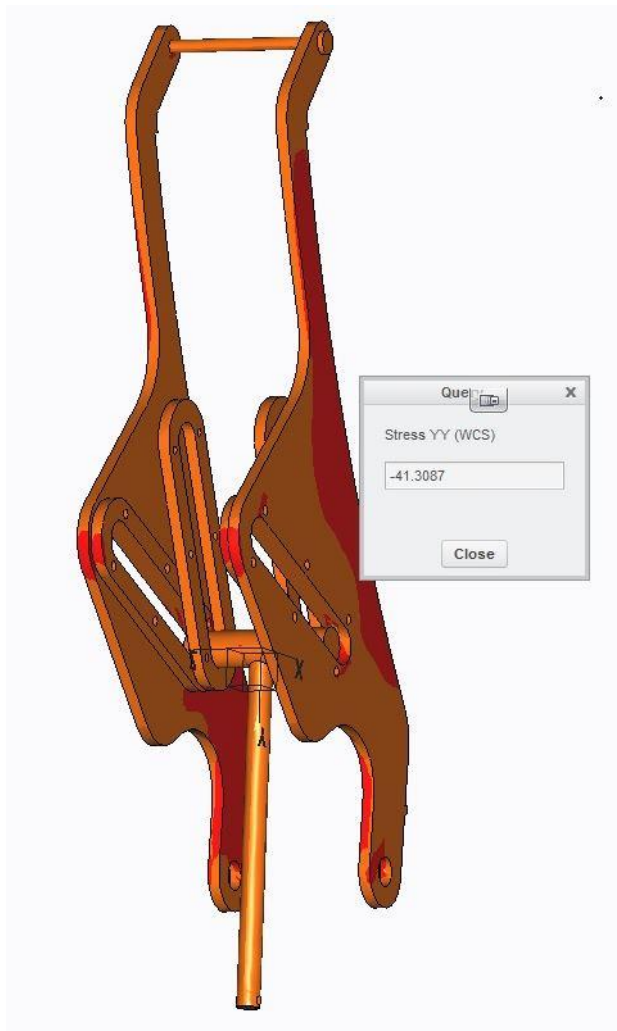
3.3.2 Keskiasento



Kuvio 9. Analyysin tulokset keskiasennossa

Yllä olevasta kuviosta 9 näkyy keskiasennossa sähkökaraan kohdistuva voima, joka on noin 19 MPa, joka paineen kaavan avulla muutettuna on noin 6 kN. Sähkökaran raja-arvot on saavutettu, ja voidaan todeta, että tuote ei tule enää tässä tilanteessa kestäämään ja sähkökara lähtee luistamaan, jolloin tuote ei enää toimi halutulla tavalla. Lisäksi laakereihin kohdistuvat yläasentoa suuremmat pintapaineet, joiden perusteella tuotteeseen valitut laakerit ovat vääränlaiset.

3.3.3 Ala-asento



Kuvio 10. Analyysin tulokset ala-asennossa

Yllä olevasta kuviosta 10 näkyy keskiasennossa sähkökaraan kohdistuva voima, joka on 41,5 MPa. Paineen kaavasta saatuna sähkökaraan kohdistuva voima on noin 13 kN. Tuloksista voidaan päätellä, että sähkökara kestäisi rasituksia luiston kannalta vain yläasennossa, jolloin voidaan todeta, että tuotetta ei oltu suunniteltu oikein ja sille täytyi tehdä muutoksia.

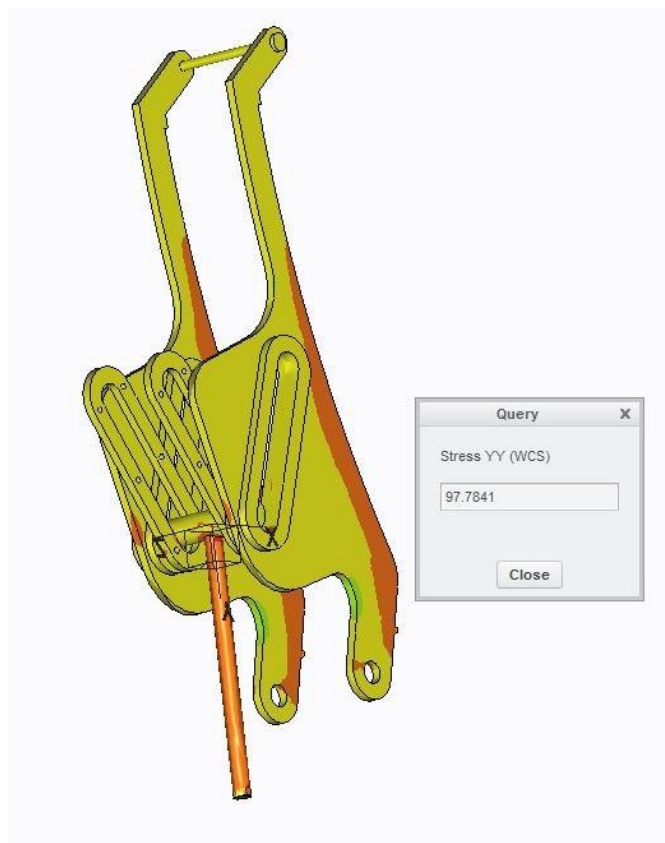
Tuotesuunnittelun kannalta laakerit olisi mahdollista korvata pelkällä jäykällä tangolla, kuten tehtiin FEM-analyysissä, jolloin laakereihin kohdistuvat voimat eivät olisi enää ongelmakohta.

4 Vaihtoehtoisten mekanismien vertailu

4.1 Laakeriurien uudelleen sijoitus

Nykytilanteen selvittyä päätettiin tutkia vaihtoehtoisia ratkaisuja mekanismin toteuttamiselle. Mekanismin suunnittelu ja toteutus rajoittuivat sähkökaran ympärille, sillä jalkaprässin elektronikka ja ohjelmisto on suunniteltu sähkökaralle.

Erilaisia suunnitelmia ja toteutustapoja löydettiin monia kappaleita, joista muutamia testattiin analyysin puolella. Näistä ensimmäisenä toteutukseen päätyi alkuperäisen suunnittelun pohjalte toteutettu laakeriurien erilainen sijoittelu.



Kuvio 11. Laakeriurien uudelleen sijoituksen FEM-analyysi yläasennossa

Yllä olevassa kuviossa 11, mekanismin toteutustavassa pystyttiin käyttämään samaa periaatetta FEM-analyysissä kuin alkuperäisessä osakokoonpanossa.

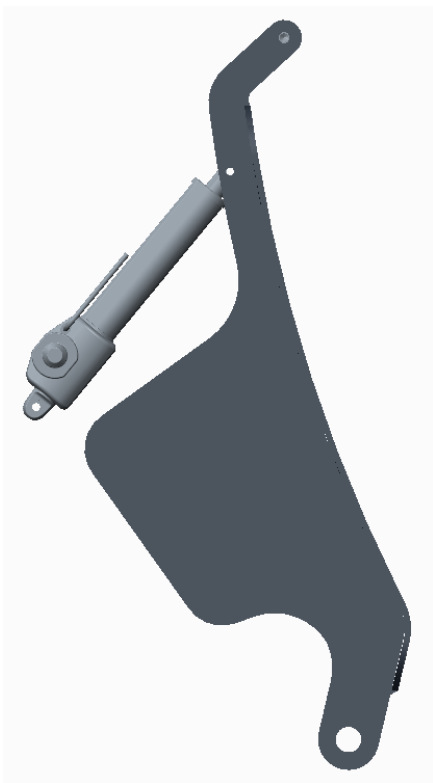
Saaduista tuloksista selvisi, että sähkökaraan kohdistui ~ 97 MPa vetoa. Kilonewtoneiksi muunnettuna tilanne vastasi $\sim 30,4$ kN vetoa. Tuloksen luotettavuuden

takia laskutoimenpide tarkastettiin myös käsin laskennalla. Laakereiden pintapaineiksi kyseisessä tilanteessa muodostuivat huomattavan suuret lukemat näiden ollessa noin 14 kN.

Tuloksien perusteella pystyttiin sivuuttamaan tämä vaihtoehto mekanismin ratkaisumalleista.

4.2 Mekanismin korvaus karamoottorilla

Erilaisten korvaavien mekanismien suunnittelun sijasta tuotetta päätettiin yksinkertaistaa huomattavasti niin, että jalkaprässin jalkalevyn liike toteutetaan suoraan sähkökaralla. Tämän ansiosta jalkaprässin huolto ja kokoonpano on helpompaa. Tuotteen osien määrää saatiin myös vähennettyä, minkä ansiosta tuote on halvempi tuottaa ja huoltaa.



Kuvio 12. Lopullinen karamoottorin sijoitus jalkalevyssä

Yllä olevassa kuviossa 12 nähdään karamoottorin lopullinen sijoitus jalkalevyssä. Karaan kohdistuva voima on helppoa laskea perinteisen statiikan avulla, minkä perusteella valitaan jalkaprässiin riittävän iso sähkökara.

4.3 Sähkökaraan kohdistuva voima

Sähkökaraan kohdistuva voima päätettiin laskea perinteisen statiikan keinoin käsin laskentana. Mitat otettiin 3D-mallinnuksen puolelta, jossa mittojen ja kulmien saanti oli helppoa.

Laskenta:

$$F_A + F_B = F$$

$$F_A + F_B - F = 0$$

$$\sum M = 0$$

$$M_B = 6 \text{ kN} * 0.454 \text{ m} - F_A * 0.56988 \text{ m} = 0$$

$$F_A = \frac{6 * 0.454 \text{ m}}{0.56988} = 4.78 \text{ kN}$$

$$\cos \alpha = \frac{F_A}{F_{AX}}$$

$$F_{AX} = \frac{F_A}{\cos \alpha} = \frac{4.78 \text{ kN}}{\cos 39.85^\circ} = 6.2 \text{ kN}$$

Laskennan perusteella karaan kohdistuisi 6,2 kN voima, jonka perusteella valittiin sopivan kokoinen karamoottori tuotteeseen. Komponenttivalmistajalta löytyi saman kokoinen sähkökara ulkomitoiltaan, mutta sen tuottama pitovoima on 3,5kN. Tuotteella on hetkellisesti varmuuskerroin 4, jolloin tuote kestää hetkellisesti 14 kN voiman. Tuotteeseen valittiin kyseinen karamoottori.

5 Pohdinta

5.1 Yhteenveto

Toimeksiannon työtehtävänä oli selvittää suunniteltujen mekanismien kestävyyttä ja ideoida muita mahdollisia mekanismin toteutustapoja tarpeen vaatiessa. Toimeksiantaja halusi pitää tuotteessa sähkökaran, jonka ympärille heidän tuotensa elektroniikka on rakennettu. Tämä rajoitti uusien mekanismien ideoimista sekä kehittämistä sähkökaran ympärille. Työn tavoitteena oli tuottaa lujuusopilliset tarkastelut tuotteen mekanismeille ja ideoida uusia tapoja tuottaa kallistusmekanismi. Opinnäytetyö täyttää sille asetetut vaatimukset, vaikkakin erilaisia mekanismeja olisi pitänyt kokeilla enemmän.

Tuotekehityksen avustuksella saatiin kuitenkin selville, että tuotetta ei kannata valmistaa alkuperäisen suunnitelman mukaan, jonka perusteella lähdettiin ideoimaan soveltuvaa ratkaisua. Tuotteelle löytyi sopiva ratkaisu ja samalla tuotteen huollettavuus helpottui sekä osalukumäärän ja koneistuksen määrää saatiin laskea.

Työ itsessään oli onnistunut ja siitä saatiin haluttuja tuloksia. Työn perusteella pystyttiin muuttamaan konstruktiota toimivammaksi ja tuote on askeleen lähempänä tuotantoa.

Työn toteutuksessa itselläni aikataulussa pysyminen tuotti ongelmia, ja työ valmistui huomattavasti suunniteltua myöhemmin. Työssä haastavinta oli tuottaa FEM-analyysistä luotettavia tuloksia, sillä kaupallisen version ja opiskelijaversioiden CAD-ohjelmien tiedostot kävivät huonosti toistensa kanssa yhteen. Alkuperäisessä suunnitelmassa oli myös tietynlaisia piirteitä 3D-mallissa, jotka eivät toimineet FEM laskennan puolella.

5.2 Jatkotoimenpiteet

Työn edetessä ilmeni erilaisia ajatuksia mekanismin tuottamisesta ilman sähkökaraa, esimerkiksi pelkällä sähkömoottorilla, jonka avulla olisi mahdollista tuottaa erilaisia konstruktioita mekanismille. Mielestäni tutkimisen arvoista olisi tässä tuotteessa tutkia sähkökaran korvaavia ratkaisuja, jolloin mekanismista saataisiin tuotettua kestävämpiä ratkaisuja.

Tuotteessa jatkojalostamisen arvoista olisi myös materiaalipaksuuksien ja hitsauksien optimointi, jolla olisi mahdollista alentaa tuotteen valmistuskuluja.

5.3 Ammatillinen kasvu

Opinäytetyönä tuotekehitystyö oli mielenkiintoinen ja opettavainen. Tuotekehitystyössä toimiessa sain käytännön kokemusta tuotteen kehittämisestä ja opin paljon siihen liittyvästä teoriasta. Uskon osaavani käsitellä ja huomioida paremmin tuotekehitystyössä vastaantulevia ongelmia. Pidän työtäni onnistuneena ja tuotekehityksestä saatuja tuloksia tärkeänä tuotteen kannalta. Työhön sain toimeksiantajalta rajoitteet, joiden sisällä minun täytyi pysyä sekä sain heiltä riittävästi tukea ja ohjeistusta työn edetessä. Oppilaitoksen puolesta ohjeistus ja opastus oli kattavaa ja asiantuntevaa.

Lähteet

1. David Health Solutions Oy. Saatavissa: <http://www.david.fi/display/EN/Company>.
Hakupäivä 20.5.2015.
2. Synertec. Saatavissa:
<http://www.synertec.info/fi/?ID=1416> Hakupäivä 20.5.2015.
3. .Kauppalehti. Saatavissa: <http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/david+health+solutions+oy/21066295>. Hakupäivä 20.5.2015.
4. Kokeellisen tuotekehityksen soveltuvuus huonekalualalle: Vaasan yliopisto. Saatavissa:
http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-376-9.pdf.
Hakupäivä 20.5.2015.
5. Jokinen, Tapani. Tuotekehitys 500. Otatieto. Helsinki. 1987.
6. Koneenosien suunnittelu. Sanoma Pro Oy. Helsinki. 2014